

PAT-NO: JP411204882A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11204882 A

**TITLE: NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT AND ITS
MANUFACTURE**

PUBN-DATE: July 30, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NAGAHAMA, SHINICHI	N/A
YANAGIMOTO, TOMOYA	N/A
NAKAMURA, SHUJI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NICHIA CHEM IND LTD	N/A

APPL-NO: JP10008244

APPL-DATE: January 20, 1998

INT-CL (IPC): H01S003/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent short-circuit when pits exist on the surface of a clad layer, by forming current blocking layers which are thinner than a clad layer constituted of a first conductivity type nitride semiconductor layer containing Al, and contain second conductivity type nitride semiconductor layers, on both side surfaces of a ridge stripe.

SOLUTION: A P-type AlGa_N layer is grown, and an undoped GaN layer is grown.

By alternately laminating these layers, a P-side clad layer 12 composed of a

superlattice layer is grown. A P-side contact layer 13 is grown on the P-side clad layer 12, and a protective film 30 is formed on the surface of the P-side contact layer 13 of the uppermost layer. The P-side contact layer 13 and a part of the P-side clad layer are etched, and a ridge stripe corresponding to the shape of the protective film is formed. Current blocking layers 14 are formed on the side surfaces of the ridge while the P-side contact layer 13 is left below the ridge. An ohmic P-electrode which is continuously bridged on the surfaces of the current blocking layer 14 and the P-side contact layer 13 is formed.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

DERWENT-ACC-NO: 1999-485068

DERWENT-WEEK: 199941

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

**TITLE: Multiple laminated structure of nitride semiconductor
laser element - has p- and n-electrodes formed above
current blocking layer and contact layer, respectively**

PATENT-ASSIGNEE: NICHIA KAGAKU KOGYO KK[NICHN]

PRIORITY-DATA: 1998JP-0008244 (January 20, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<u>JP 11204882 A</u>	July 30, 1999	N/A	007	H01S 003/18

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 11204882A	N/A	1998JP-0008244	January 20, 1998

INT-CL (IPC): H01S003/18

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11204882A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - A current blocking layer (14) is formed on both sides of a ridge strip formed on a clad layer (12). A contact layer (5) is sequentially formed on the clad layer. P- and n- electrodes (20, 21) are formed above the current blocking layer and the contact layer, respectively.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for nitride semiconductor laser element manufacturing method.

USE - For nitride semiconductor laser element.

ADVANTAGE - Even when a pit exist in the clad layer surface, short circuit between electrodes does not occur.

DESCRIPTION OF DRAWING - The figure is a sectional view of the nitride semiconductor laser element structure. (5) Contact layer; (12) Clad layer; (14) Current blocking layer; (20, 21) p- and n-electrodes.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/4

**TITLE-TERMS: MULTIPLE LAMINATE STRUCTURE NITRIDE SEMICONDUCTOR
LASER ELEMENT P
N ELECTRODE FORMING ABOVE CURRENT BLOCK LAYER CONTACT
LAYER
RESPECTIVE**

DERWENT-CLASS: L03 U12 V08

CPI-CODES: L04-E03B;

EPI-CODES: U12-A01B2; V08-A04A;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1999-142652

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-362097

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成11年(1999)7月30日

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 7 頁)

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともクラッド層と、コンタクト層とを順に有し、前記クラッド層を含む層から上の層にリッジストライプが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、

前記クラッド層はA1を含む第1導電型の窒化物半導体層を有し、一方、リッジストライプの両側面には、クラッド層よりも薄い膜厚で、第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を含む電流阻止層が形成されており、前記電流阻止層及び前記コンタクト層とに渡って連続した電極が形成されてなることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記電流阻止層はA1を含む第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する多層膜を有し、前記クラッド層のA1の平均組成より多層膜のA1の平均組成が大きいことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記クラッド層及びコンタクト層は、結晶欠陥の多い領域と、結晶欠陥の少ない領域とをストライプ状に有するGa_{1-x}N_xよりなる基板上に、複数の窒化物半導体層を介して成長されており、前記リッジストライプは、そのGa_{1-x}N_x基板の結晶欠陥の少ない領域に対応する位置にストライプ状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項4】 少なくともA1を含む第1導電型の窒化物半導体層を有するクラッド層の上に、同じく第1導電型の窒化物半導体層を有するコンタクト層を備えたウェーハの、そのコンタクト層の表面に、ストライプ状の保護膜を形成する第1の工程と、

第1の工程後、前記コンタクト層側からエッチングを行い、前記クラッド層及びコンタクト層に前記保護膜の形状と対応したリッジストライプを形成する第2の工程と、

第2の工程後、前記保護膜が形成された状態でリッジストライプの側面に、クラッド層よりも薄い膜厚で、第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する電流阻止層を形成する第3の工程とを具備することを特徴とする窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項5】 第3の工程後、前記コンタクト層及び埋め込み層とに渡って連続した電極を形成する第4の工程とを具備することを特徴とする請求項4に記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項6】 前記クラッド層及びコンタクト層は、結晶欠陥の多い領域と、結晶欠陥の少ない領域とをストライプ状に有するGa_{1-x}N_xよりなる基板上に複数の窒化物半導体層を介して成長されており、前記保護膜を、結晶欠陥の少ないGa_{1-x}N_x基板に対応したコンタクト層の表面にストライプ状に形成することを特徴とする請求項4に記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は窒化物半導体(In_aAl_bGa_{1-a-b}N、0≤a、0≤b、a+b≤1)よりなるレーザ素子とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 我々は窒化物半導体基板の上に、活性層を含む窒化物半導体レーザ素子を作製して、世界で初めて室温での連続発振1万時間以上を達成したことを発表した(ICNS'97 予稿集, October 27-31, 1997, P444-446、及びJpn. J. Appl. Phys. Vol. 36(1997) pp. L1568-1571, Part 2, No. 12A, 1 December 1997)。基本的な構造としてはサファイア基板上に、部分的に形成されたSiO₂膜を介して選択成長されたn-GaNよりなる窒化物半導体基板の上に、レーザ素子構造となる窒化物半導体層が複数積層されてなる。(詳細はJ. J. A. P参照)

【0003】 図4はそのレーザ素子の構造を示す模式断面図である。このレーザ素子はInGa_{1-x}N_x/InGa_{1-x}N_xよりなるMQW(多重量子井戸構造)の活性層の上に、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}Nよりなるキャップ層、p-GaNよりなるガイド層、p-Al_{0.14}Ga_{0.86}Nよりなるクラッド層、p-GaNよりなるコンタクト層が順に積層され、前記クラッド層を含む層から上の層にリッジストライプが形成されている。リッジストライプの両側面にはSiO₂よりなる絶縁膜が形成され、その絶縁膜を介して、コンタクト層の表面にp電極が形成された構造を有している。

【0004】 一般にクラッド層から上に形成されたリッジストライプのストライプ幅は非常に狭く調整される。ストライプ幅が広がると水平横モードがマルチモードになりやすいからである。従来、このようなストライプ幅の狭いコンタクト層の表面に電極を設けるのは、非常に細かいフォトリソ技術が必要とするため、工業的には難しい手法である。

【0005】 また、リッジストライプは、窒化物半導体のエッチングによって形成されるため、窒化物半導体のエッチング面に、エッチピットと呼ばれる微細な孔が発生する可能性がある。クラッド層、コンタクト層に連続した電極を設けると、仮にクラッド層にそのエッチピットが発生していると、電流がその孔を介してn電極とショートしやすくなり、レーザ素子の信頼性が低下する恐れがある。

【0006】 また他の技術として、我々は特開平9-426651号公報において、リッジ側面に、クラッド層よりも屈折率の小さい窒化物半導体よりなる埋め込み層を形成することを提案した。しかしこの技術では、埋め込み層の上に新たにGa_{1-x}N_xよりなるコンタクト層を成長させる必要がある。埋め込み層は単一層でA1混晶比の大きい層であるために、結晶性がGa_{1-x}N_xに比較して悪い。そのためこの埋め込み層の上にGa_{1-x}N_xよりなるコンタクト層を成長しても結晶性があまり良くならないため

に、電極とのオーミック接触が悪くなって、閾値電圧が上昇する傾向にある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的とするところは、クラッド層から上の層にリッジが設けられてなるレーザ素子において、クラッド層表面にビットが存在してもショートせず、しかもリッジ最表面にあるコンタクト層と安定してオーミックコンタクトが得られるレーザ素子とその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化物半導体レーザ素子は、少なくともクラッド層と、コンタクト層とを順に有し、前記クラッド層を含む層から上の層にリッジストライプが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、前記クラッド層はAlを含む第1導電型の窒化物半導体層を有し、一方、リッジストライプの両側面には、クラッド層よりも薄い膜厚で第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を含む電流阻止層が形成されており、前記電流阻止層及び前記コンタクト層とに渡って連続した電極が形成されてなることを特徴とする。

【0009】また本発明のレーザ素子において、前記電流阻止層はAlを含む第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する多層膜を有し、前記クラッド層のAlの平均組成より多層膜のAlの平均組成が大きいことを特徴とする。

【0010】さらに、前記クラッド層及びコンタクト層は、結晶欠陥の多い領域と、結晶欠陥の少ない領域とをストライプ状に有するGaNよりなる基板上に、複数の窒化物半導体層を介して成長されており、前記リッジストライプは、そのGaN基板の結晶欠陥の少ない領域に

対応する位置にストライプ状に形成されていることを特徴とする。

【0011】また、本発明のレーザ素子の製造方法は、少なくともAlを含む第1導電型の窒化物半導体層を有するクラッド層の上に、同じく第1導電型の窒化物半導体層を有するコンタクト層を備えたウェーハの、そのコンタクト層の表面に、ストライプ状の保護膜を形成する第1の工程と、第1の工程後、前記コンタクト層側からエッチングを行い、前記クラッド層及びコンタクト層に前記保護膜の形状と対応したリッジストライプを形成する第2の工程と、第2の工程後、前記保護膜が形成された状態でリッジストライプの側面に、クラッド層よりも薄い膜厚で、第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する電流阻止層を形成する第3の工程とを具備することを特徴とする。

【0012】さらに本発明の製造方法において、第3の工程後、前記コンタクト層及び埋め込み層とに渡って連続した電極を形成する第4の工程とを具備することを特徴とする。

【0013】本発明の製造方法において、前記クラッド

層及びコンタクト層は、結晶欠陥の多い領域と、結晶欠陥の少ない領域とをストライプ状に有するGaNよりなる基板上に複数の窒化物半導体層を介して成長されており、前記保護膜を、結晶欠陥の少ないGaN基板に対応したコンタクト層の表面にストライプ状に形成することを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明のレーザ素子において、クラッド層を構成するAlを含む第1導電型の窒化物半導体層は、p型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 < x < 1$) 層を含む超格子層とすることが望ましい。なお2種類の窒化物半導体を積層した超格子とする場合、AlGaNはいずれか一方の層に成長してあれば良く、両方ともAlGaNとする必要はない。具体的には、一方がAlGaN層、もう一方がInGaN若しくはGaN層を交互に積層した超格子とすると、結晶性が良くAl平均組成の大きいクラッド層を厚膜で成長させることができる。超格子を構成する窒化物半導体層の膜厚は70オングストローム以下、好ましくは50オングストローム以下とすると、窒化物半導体の単一層が臨界膜厚以下となるので、Al混晶比の大きい窒化物半導体層が成長できる。また、クラッド層を超格子とすると、そのクラッド層全体の結晶性も良くなるために、リッジ形状にエッチングした後、そのクラッド層の表面に新たに電流阻止層を形成する際、ビット、クラックがほとんどない結晶性の良い電流阻止層が成長できる。

【0015】クラッド層の膜厚は、 $2.0\mu m$ 以下にすることが望ましい。 $2.0\mu m$ よりも厚くするとクラッド層の抵抗値が高くなって閾値が上昇する。好ましい膜厚は $1.5\mu m$ 以下、さらに好ましくは $1.0\mu m$ 以下である。下限については特に限定しないが、キャリア閉じ込めとしてのクラッド層として作用させるためには、50オングストローム以上の膜厚があることが望ましい。クラッド層を超格子とした場合には、Al平均組成としては50%以下が望ましい。例えば、クラッド層全体の厚さを $2.0\mu m$ 以下として、かつそのクラッド層に含まれる3族元素に対するAl平均組成(%)と、p側クラッド層全体の厚さ(μm)との積が4.4以上となるように構成すると、光閉じ込めが良く、抵抗値も小さいクラッド層が形成できる。

【0016】一方、電流阻止層を形成する第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層は、n型若しくはi型(insulator)の $Al_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y < 1$ 、但し $x < y$)を含む層とすることが望ましく、クラッド層のように超格子層とすることもできる。さらに、クラッド層よりもAl平均組成の大きい層とすると、電流阻止層の屈折率が小さくなるので、リッジ下部に導波路を形成して、水平横モードがシングルモードのレーザ光を得ることができる。

【0017】さらに、電流阻止層の膜厚はクラッド層の

膜厚よりも薄くする必要がある。この層の膜厚を厚くすると、コンタクト層の上に形成した保護膜の上に電流阻止層が成長してしまうため、保護膜を後で除去することが難しくなる。また電流阻止層のAl平均組成をクラッド層よりも大きくした場合、Al量が多い窒化物半導体は少ないものに比較して、その結晶欠陥が多い傾向にある。従って、Al混晶比の大きい電流阻止層を厚く成長させると、結晶中にクラックが入りやすくなり、ビットが発生しやすくなる傾向にある。従って電流阻止層の好ましい膜厚としては1 μ m以下、さらに好ましくは0.8 μ m以下、最も好ましくは0.5 μ m以下に調整する。

【0018】なお、リッジのストライプ幅は30 μ m以下、さらに好ましくは20 μ m以下、最も好ましくは10 μ m以下に調整する。30 μ mよりも太いとレーザ光の水平横モードがマルチモードとなりやすい傾向にある。下限は特に限定しないが通常0.5 μ m以上にする。

【0019】さらに、本発明のレーザ素子では電流阻止層と、コンタクト層とに渡って連続した電極が形成されている。特開平9-426651号では電流阻止層の上に後からコンタクト層が成長されているために、リッジの最上部に結晶性の良いコンタクト層が成長できなかったが、本発明のレーザ素子では、リッジ形成時に既にコンタクト層が成長されており、後から電流阻止層が形成されるため、コンタクト層の結晶性が変わらない。従って、p電極に対して常に安定したオーミック接触が得られる。

【0020】また本発明の請求項2では、前記電流阻止層はAlを含む第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する多層膜を有し、前記クラッド層のAlの平均組成より多層膜のAlの平均組成が大きいことを特徴としている。これは先にも述べたように、電流阻止層のAl組成を大きくすることによって、その屈折率が、クラッド層の屈折率よりも小さくなり、リッジ下部に光を集中させて導波路領域を作製することができる。Al組成がクラッド層よりも小さいと埋め込み層の方の屈折率が大きくなるため、水平横方向の屈折率差が小さくなり、リッジの効果が得られにくくなる傾向にある。また多層膜、好ましくは超格子とすることによって、Al組成の大きい層を成長できる。なお、電流阻止層はクラッド層と異なり、その上にコンタクト層のような層を成長させないため、少々結晶性は悪くても良いので、特に膜厚の薄い窒化物半導体を積層した超格子としなくても、例えば数百オングストロームの窒化物半導体を積層した多層膜としても良い。

【0021】本発明において、クラッド層、埋め込み層を多層膜、または超格子とする場合、その層のAlの平均組成は次のように求めるものとする。例えば25オングストロームのAl_{0.5}Ga_{0.5}Nと、25オングスト

ム(GaN)とを200ペア(1.0 μ m)積層した超格子の場合、1ペアが50オングストローム、Alを含む層のAl混晶比が0.5であるため、 $0.5(25/50) = 0.25$ となり、超格子における3族元素に対するAl平均組成は25%である。一方、膜厚が異なる場合、Al_{0.5}Ga_{0.5}Nを40オングストロームと、GaNを20オングストロームとで積層した場合、膜厚の加重平均を行い、 $0.5(40/60) = 0.33$ となり、Al平均組成は33.3%とする。即ちAlを含む窒化物半導体層のAl混晶比を、その窒化物半導体層が超格子1ペアの膜厚に占める割合に乗じたものを本発明におけるAl平均組成とする。またAlを両方含む場合も同様であり、例えばAl_{0.1}Ga_{0.9}N20オングストローム、Al_{0.2}Ga_{0.8}N30オングストロームの場合も、 $0.1(20/50) + 0.2(30/50) = 0.16$ 、即ち16%をAl平均組成とする。なお以上の例はAlGaN/GaN、AlGaN/AlGaNについて説明したが、AlGaN/InGaNについても同じ算出方法を適用するものとする。従って、クラッド層、埋め込み層を成長させる場合には、以上の算出方法に基づいて成長方法を設計できる。また、Al平均組成は、SIMS(二次イオン質量分析装置)、オージェ等の分析装置を用いても検出できる。

【0022】

【実施例】図1は本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図であり、図2は、図1のレーザ素子の活性層から上の層を拡大して示す斜視図、図3は本発明の製造方法の第1～第4の各工程において得られるウェーハの構造を部分的に示す模式断面図である。これらの図において、同一符号は同一部材を示している。これらの図を元に本発明の実施例を以下詳説する。

【0023】2インチφ、C面を主面とするサファイアよりなる異種基板1の上に、MOVPE法を用い、500℃で、GaNよりなるバッファ層(図示せず)を200オングストロームの膜厚で成長させる。バッファ層成長後、温度を1050℃にして、同じくGaNよりなる下地層2を2 μ mの膜厚で成長させる。この下地層2は保護膜を部分的に表面に形成して、次に窒化物半導体基板の選択成長を行うための下地層として作用する。下地層2はAl混晶比X値が0.5以下のAl_xGa_{1-x}N($0 \leq X \leq 0.5$)を成長させることが望ましい。0.5を超えると、結晶欠陥というよりも結晶自体にクラックが入りやすくなってしまいうため、結晶成長自体が困難になる傾向にある。また膜厚はバッファ層よりも厚い膜厚で成長させて、10 μ m以下の膜厚に調整することが望ましい。基板はサファイアその他、SiC、ZnO、スピネル、GaAs等、窒化物半導体を成長させるために知られている、窒化物半導体と異なる材料よりなる基板を用いることができる。

【0024】下地層2成長後、ウェーハを反応容器から

取り出し、この下地層2の表面に、ストライプ状のフォトマスクを形成し、CVD装置によりストライプ幅10 μ m、ストライプ間隔(窓部)2 μ mのSiO₂よりなる第1の保護膜3を1 μ mの膜厚で形成する。なおストライプ状の保護膜を形成する際、窓部よりも保護膜の面積を大きくする方が、結晶欠陥の少ないGa_{0.95}N基板4が成長しやすい。第1の保護膜3の材料としては、例えば酸化ケイ素(SiO_x)、窒化ケイ素(Si₃N₄)、酸化チタン(TiO_x)、酸化ジルコニウム(ZrO_x)等の酸化物、窒化物、またこれらの多層膜の他、1200

【0025】第1の保護膜3形成後、ウェーハを再度MOVPEの反応容器内にセットし、温度を1050℃にして、アンドープGa_{0.95}NよりなるGa_{0.95}NよりなるGa_{0.95}N基板4を20 μ mの膜厚で成長させる。このように異種基板の上に成長させた窒化物半導体よりなる下地層の上に、ストライプ状の保護膜を形成し、その保護膜の窓部から保護膜上部に横方向に窒化物半導体を成長させると、基板となるような結晶欠陥の少ない半導体層が得られる。Ga_{0.95}N基板4はこの他ハライド気相成長法(HVPE)を用いて成長させることもできる。Ga_{0.95}N基板はIn、Alを含まないアンドープのGa_{0.95}Nを成長させることが結晶欠陥が最も少なくなるので最も好ましい。以上のようにして成長したGa_{0.95}N基板は保護膜のストライプ形状に対応して、ストライプ状に結晶欠陥の多い位置と、少ない位置とを有している。

【0026】次に、Ga_{0.95}N基板4の上にSiを 3×10^{18} /cm³ドープしたn型Ga_{0.95}Nよりなるn側コンタクト層5を5 μ mの膜厚で成長させる。このn側コンタクト層はn電極を形成するためのコンタクト層として作用する。

【0027】次に、温度を800℃にしてIn_{0.01}Ga_{0.99}Nよりなるクラッド防止層6を0.15 μ mの膜厚で成長させる。

【0028】続いて、1050℃で、Siを 1×10^{19} /cm³ドープしたn型Al_{0.16}Ga_{0.84}N層を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いてアンドープGa_{0.95}N層を25オングストロームの膜厚で成長させる。そしてこれらの層を交互に積層して超格子層を構成し、総膜厚1.2 μ mの超格子よりなるn側クラッド層7を成長させる。なおn側クラッド層に、バンドギャップエネルギーが異なる窒化物半導体を積層した超格子を作製した場合、不純物はいずれか一方の層に多くドープして、いわゆる変調ドープを行うと閾値が低下しやすい傾向にある。

【0029】続いて、1050℃でアンドープGa_{0.95}Nよりなるn側光ガイド層8を0.1 μ mの膜厚で成長させる。このn側光ガイド層は、活性層の光ガイド層として作用し、Ga_{0.95}N、InGa_{0.95}Nを成長させることが望ましく、通常100オングストローム～5 μ m、さらに好ましくは200オングストローム～1 μ mの膜厚で成長させることが望ましい。

【0030】次に、温度を800℃にして、アンドープIn_{0.2}Ga_{0.8}Nよりなる井戸層を40オングストロームの膜厚で成長させる。次に同一温度で、アンドープIn_{0.01}Ga_{0.99}Nよりなる障壁層を100オングストロームの膜厚で成長させる。井戸層と障壁層とを順に積層し、最後に障壁層で終わり、総膜厚440オングストロームの多重量子井戸構造(MQW)の活性層9を成長させる。活性層は本実施例のようにアンドープでもよいし、またn型不純物及び又はp型不純物をドープしても良い。不純物は井戸層、障壁層両方にドープしても良く、いずれか一方にドープしてもよい。

【0031】次に、温度を1050℃で、p側光ガイド層11よりもバンドギャップエネルギーが大きい、Mgを 1×10^{20} /cm³ドープしたp型Al_{0.3}Ga_{0.7}Nよりなるp側キャップ層10を300オングストロームの膜厚で成長させる。このp型キャップ層は0.1 μ m以下の膜厚で形成することにより素子の出力が向上する傾向にある。膜厚の下限は特に限定しないが、10オングストローム以上の膜厚で形成することが望ましい。

【0032】続いて、1050℃で、バンドギャップエネルギーがp側キャップ層10よりも小さい、アンドープGa_{0.95}Nよりなるp側光ガイド層11を0.1 μ mの膜厚で成長させる。この層は、活性層の光ガイド層として作用し、n側光ガイド層8と同じくGa_{0.95}N、InGa_{0.95}Nで成長させることが望ましい。

【0033】続いて、1050℃でMgを 1×10^{20} /cm³ドープしたp型Al_{0.16}Ga_{0.84}N層を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いてアンドープGa_{0.95}N層を25オングストロームの膜厚で成長させ、これらの層を交互に積層して総膜厚0.6 μ mの超格子層よりなるp側クラッド層12を成長させる。このp側クラッド層はAlの平均組成が8%であるので、膜厚との積は4.8である。なお、p側クラッド層も少なくとも一方がAlを含む窒化物半導体層を含み、互いにバンドギャップエネルギーが異なる窒化物半導体層を積層した超格子で作製した場合、不純物はいずれか一方の層に多くドープして、いわゆる変調ドープを行うと閾値が低下しやすい傾向にある。

【0034】次に1050℃で、p側クラッド層12の上に、Mgを 2×10^{20} /cm³ドープしたp型Ga_{0.95}Nよりなるp側コンタクト層13を150オングストロームの膜厚で成長させる。p側コンタクト層13はp型のIn_xAl_yGa_{1-x-y}N(0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1)で構成することができ、好ましくはMgをドープしたGa_{0.95}N

とすれば、p電極20と最も好ましいオーミック接触が得られる。

【0035】最後に、窒化物半導体を積層成長させたウェーハを反応容器内において、窒素雰囲気中700℃でアニーリングを行い、p型不純物をドーパした層をさらに低抵抗化させる。

【0036】(第1の工程) 以上のようにして、窒化物半導体を積層したウェーハを反応容器から取り出し、図3(a)に示すように、CVD装置を用いて、最上層のp側コンタクト層13の表面に、2μmのストライプ幅を有するSiO₂よりなる第2の保護膜30を1μmの膜厚で形成する。なお先にGaN基板4を成長した時に、第1の保護膜をストライプ状に形成してあるため、GaN基板の表面には表面に現れた結晶欠陥もストライプ状に現れやすい傾向にある。このため第2の保護膜を形成する際は、GaN基板表面の結晶欠陥の少ないところ(例えば1×10⁸個/cm²以下、好ましくは1×10⁷個/cm²以下)の上部にあるp側コンタクト層13の表面に対応した位置にストライプ状に形成すると、GaN基板の結晶欠陥が活性層に転位しにくくなるためレーザ素子の寿命が向上する。

【0037】(第2の工程) 次にウェーハをRIE(反応性イオンエッチング)装置に移し、図3(b)に示すようにp側コンタクト層13と、p側クラッド層12の一部とをエッチングして、第2の保護膜の形状に対応したリッジストライプを形成する。このエッチングにより露出したクラッド層の表面にビットが発生する可能性があるが、後で電流阻止層で埋めることができる。

【0038】(第3の工程) リッジストライプ形成後、保護膜をつけたまま、再度ウェーハを反応容器内に移し、1050℃で、Siを1×10¹⁹/cm³ドーパしたn型Al_{0.20}Ga_{0.80}N層を50オングストロームの膜厚で成長させ、続いてSiを同量ドーパしたGaN層を50オングストロームの膜厚で成長させ、これらを交互に積層して総膜厚0.5μmの超格子よりなる電流阻止層14を形成する。このようにp型コンタクト層13がリッジに残ったまま、そのリッジ側面に電流阻止層14を形成すると、リッジ形成後にコンタクト層を成長させるのと異なり、コンタクト層の膜質が安定しているの

で、電極と安定してオーミックが得られる。

【0039】電流阻止層14成長後、ウェーハを反応容器から取り出し、第2の保護膜30をフッ酸で除去した後、最上層の窒化物半導体層に所定の形状の保護膜を形成し、図1に示すように、n側コンタクト層5の表面が露出するまでエッチングする。

【0040】(第4の工程) エッチング終了後、保護膜を除去し、図3(d)に示すように、電流阻止層14及びp側コンタクト層13の表面に渡って連続したNi/Auよりなるオーミック用のp電極を形成する。このp電極は大面积で形成できるため、ボンディングを行うの

に容易となる。

【0041】一方、先ほど露出させたn側コンタクト層の表面にはTi/Alよりなるオーミック用のn電極21を形成する。

【0042】以上のようにして、n電極とp電極とを形成したウェーハのサファイア基板を研磨して70μmとした後、ストライプ状の電極に垂直な方向で、基板側からバー状に劈開し、劈開面に共振器を作製する。共振器面にSiO₂とTiO₂よりなる誘電体多層膜を形成し、最後にp電極に平行な方向で、バーを切断してレーザ素子とする。なおサファイア基板を研磨する際に、第1の保護膜3まで研磨して除去し、GaN基板4を露出させても良い。GaN基板4を露出させる際、GaN基板の成長膜厚を80μm以上に調整しないと、研磨中にウェーハが細かく割れてしまい、素子作成が難しくなる傾向にある。またGaN基板を80μm以上成長させた後、サファイア基板1、下地層2、第1の保護膜3を除去し、GaN基板のみとして、そのGaN基板の上に前記n側コンタクト層5から上の層を積層することもできる。

【0043】このレーザ素子をヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤーボンディングして、室温でレーザ発振を試みたところ、室温において連続発振を示し、単レーザ光のFFPは単一で、その形状も楕円形で形の良いものが得られていた。また、レーザ素子の特性に関しても、同一ウェーハから100個無作為に抽出したところ、発振閾値、出力とも全てがほぼ同一の特性を示し、連続で1000時間発振させても電極間でショートしたものはなかった。

【0044】[実施例2] 実施例1の電流阻止層14を形成する工程において、1050℃で、Znを1×10¹⁹/cm³ドーパした半絶縁性のi型Al_{0.20}Ga_{0.80}N層を0.1μmと、Siを1×10¹⁸/cm³ドーパしたn型GaN層を0.1μm交互に成長させて総膜厚0.4μmの多層膜とする他は同様にしてレーザ素子を得たところ、実施例1とほぼ同等の特性を有するレーザ素子が得られた。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ素子はリッジ側面に電流阻止層が形成されているため、エッチングによりクラッド層の表面にビットが発生していても、電流阻止層がそのビットを埋めてしまうため、電極間のショートがない。また、本発明の製造方法によると、リッジを形成してから、その狭い領域のストライプ幅に、マスクを利用して他の窒化物半導体層、あるいは電極等を形成する工程がないので、細かい作業も必要とせず、工業的にも非常に有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図。

11

12

【図2】 図1のレーザ素子の活性層から上の一部の構造を拡大して示す斜視図。

【図3】 本発明の製造方法の第1～第4のそれぞれの工程を順に説明するためのガイド層から上の構造を部分的に示す模式断面図。

【図4】 従来のレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【符号の説明】

1・・・サファイア基板

2・・・下地層

3・・・第1の保護膜

4・・・Ga_{0.4}N基板

5・・・n側コンタクト層

6・・・クラック防止層

7・・・n側クラッド層

8・・・n側光ガイド層

9・・・活性層

10・・・p側キャップ層

11・・・p側光ガイド層

12・・・p側クラッド層

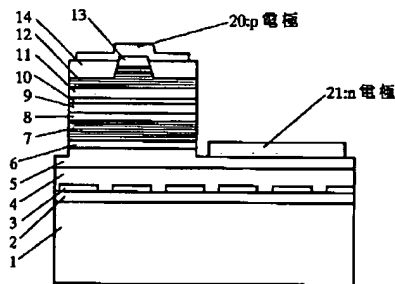
13・・・p側コンタクト層

14・・・電流阻止層

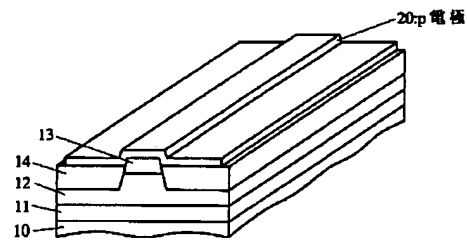
10 20・・・p電極

21・・・n電極

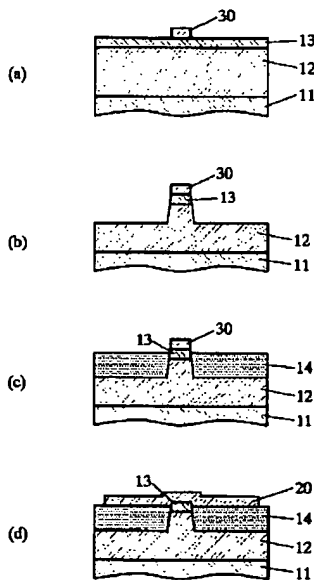
【図1】



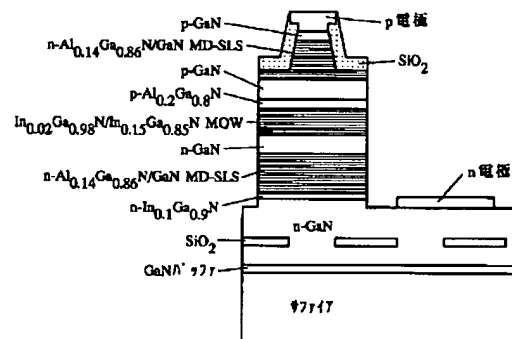
【図2】



【図3】



【図4】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the laser element which consists of a nitride semiconductor ($\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$, $0 \leq a$, $0 \leq b$, $a+b \leq 1$), and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] the nitride semiconductor laser element in which we contain a barrier layer on a nitride semiconductor substrate -- producing -- the world -- for the first time -- the continuous oscillation in a room temperature -- it announced having attained 10,000 hours or more (ICNS'97 -- the collection of drafts, and October 27- 31 and 1997P -- 444-446 and Jpn.J.Appl.Phys.Vol.36(1997) pp.L1568-1571, Part2, No.12A, and 1 December 1997). It comes to carry out two or more laminatings of the nitride semiconductor layer used as laser element structure on the nitride semiconductor substrate which consists of n-GaN by which selective growth was carried out through SiO₂ film selectively formed on silicon on sapphire as fundamental structure. (It is referring to the J.J.A.P for details)

[0003] Drawing 4 is type section drawing showing the structure of the laser element. On the barrier layer of MQW (multiplex quantum well structure) which this laser element becomes from InGaN/InGaN, the laminating of the cap layer which consists of p-aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N, the guide layer which consists of p-GaN, the cladding layer which consists of p-aluminum_{0.14}Ga_{0.86}N, and the contact layer which consists of p-GaN is carried out to order, and the ridge stripe is formed from the layer containing said cladding layer at the upper layer. The insulator layer which consists of SiO₂ is formed in the both-sides side of a ridge stripe, and it has the structure where p electrode was formed in the front face of a contact layer, through the insulator layer.

[0004] The stripe width of face of the ridge stripe generally formed upwards from the cladding layer is adjusted very narrowly. It is because the level transverse mode will tend to turn into a multimode if stripe width of face becomes large. Conventionally, since very fine photo-mask doubling technology is needed, difficult technique prepares an electrode in the front face of the narrow contact layer of such stripe width of face industrially.

[0005] Moreover, since a ridge stripe is formed of etching of a nitride semiconductor, the detailed hole called an etch pit to the etching side of a nitride semiconductor may generate it. If the electrode which followed the cladding layer and the contact layer is prepared and the etch pit will have occurred in the cladding layer, there is a possibility that current may become easy to short-circuit with n electrode through the hole, and the reliability of a laser element may fall.

[0006] Moreover, as other technology, we proposed the thing which become the ridge side from a cladding layer from a nitride semiconductor with a small refractive index and for which it embeds and a layer is formed in JP,9-426651,A. However, it is necessary to grow up the contact layer which newly consists of GaN on an embedding layer with this technology. Since an embedding layer is a large layer of aluminum mixed-crystal ratio in a monolayer, its crystallinity is bad as compared with GaN. Therefore, since crystallinity does not become not much good even if it grows up the contact layer which consists of GaN on this embedding layer, the ohmic contact to an electrode worsens and it is in

the inclination for threshold voltage to rise.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Therefore, the place made into the object of this invention is to offer the laser element from which it does not short-circuit even if a pit exists in a cladding layer front face in the laser element with which it comes to prepare a ridge in the upper layer from a cladding layer, but it is stabilized with the contact layer moreover shown in a ridge maximum front face, and ohmic contact is obtained, and its manufacture method.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In a nitride semiconductor laser element which comes to form a ridge stripe in upper layer from a layer which a nitride semiconductor laser element of this invention has a cladding layer and a contact layer in order at least, and contains said cladding layer Said cladding layer has a nitride semiconductor layer of the 1st conductivity type containing aluminum. On the other hand, in a both-sides side of a ridge stripe It is characterized by a current blocking layer containing the 2nd conductivity type or a nitride semiconductor layer of half-insulation being formed by thickness thinner than a cladding layer, and coming to form an electrode which continued over said current blocking layer and said contact layer.

[0009] Moreover, in a laser element of this invention, said current blocking layer has a multilayer which has the 2nd conductivity type or a nitride semiconductor layer of half-insulation containing aluminum, and is characterized by an average presentation of aluminum of a multilayer being larger than an average presentation of aluminum of said cladding layer.

[0010] Furthermore, said cladding layer and a contact layer are growing through two or more nitride semiconductor layers on a substrate which consists of GaN which has a field with many crystal defects, and a field with few crystal defects in the shape of a stripe, and said ridge stripe is characterized by being formed in a location corresponding to a field with few crystal defects of the GaN substrate in the shape of a stripe.

[0011] A manufacture method of a laser element of this invention moreover, on a cladding layer which has a nitride semiconductor layer of the 1st conductivity type which contains aluminum at least The 1st process which forms a stripe-like protective coat in a front face of the contact layer of a wafer equipped with a contact layer which similarly has a nitride semiconductor layer of the 1st conductivity type, The 2nd process which performs etching after the 1st process and from said contact layer side, and forms a ridge stripe corresponding to said cladding layer and a contact layer with a configuration of said protective coat, It is characterized by providing the 3rd process which forms in the side of a ridge stripe a current blocking layer which has the 2nd conductivity type or a nitride semiconductor layer of half-insulation by thickness thinner than a cladding layer where said protective coat is formed after the 2nd process.

[0012] Furthermore in a manufacture method of this invention, it is characterized by providing the 4th process which forms an electrode which continued over said contact layer and an embedding layer after the 3rd process.

[0013] In a manufacture method of this invention, said cladding layer and a contact layer are growing through two or more nitride semiconductor layers on a substrate which consists of GaN which has a field with many crystal defects, and a field with few crystal defects in the shape of a stripe, and are characterized by forming said protective coat in a front face of a contact layer corresponding to a GaN substrate with few crystal defects in the shape of a stripe.

[0014]

[Embodiment of the Invention] As for the nitride semiconductor layer of the 1st conductivity type containing aluminum which constitutes a cladding layer, in the laser element of this invention, it is desirable to consider as the superlattice layer containing a p mold AlXGa1-XN ($0 < X < 1$) layer. In addition, when considering as the superlattice which carried out the laminating of two kinds of nitride semiconductors, both do not have to set AlGaIn to AlGaIn that what is necessary is just to have grown up to be one of layers. If it is specifically the superlattice in which one side made InGaIn or a GaN layer the AlGaIn layer, and another side made the laminating by turns, crystallinity can grow up a good

cladding layer with large aluminum average presentation with a thick film. If it is 50A or less preferably, since the monolayer of a nitride semiconductor will become below critical marginal thickness, 70A or less of thickness of the nitride semiconductor layer which constitutes superlattice can grow the large nitride semiconductor layer of aluminum mixed-crystal ratio. Moreover, in case a current blocking layer will newly be formed in the front face of the cladding layer after etching into a ridge configuration since the crystallinity of the whole cladding layer also becomes good if a cladding layer is used as superlattice, the crystalline good current blocking layer which does not almost have a pit and a crack can be grown up.

[0015] As for the thickness of a cladding layer, it is desirable to make it 2.0 micrometers or less. If it is made thicker than 2.0 micrometers, the resistance of a cladding layer will become high and a threshold will rise. 1.5 micrometers or less of desirable thickness are 1.0 micrometers or less still more preferably. Although not limited especially about a minimum, in order to make it act as a cladding layer as carrier *****, it is desirable for there to be thickness more than 50 Å. When a cladding layer is used as superlattice, as an aluminum average presentation, 50% or less is desirable. For example, if it constitutes so that the product of aluminum average presentation (%) over 3 group element which sets thickness of the whole cladding layer to 2.0 micrometers or less, and is contained in the cladding layer, and the thickness (micrometer) of the whole p side cladding layer may become 4.4 or more, optical confinement is good and resistance can also form a small cladding layer.

[0016] On the other hand, as for the 2nd conductivity type or the nitride semiconductor layer of half-insulation which forms a current blocking layer, it is desirable to consider as the layer containing $\text{Al}_x\text{YGa}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, however $x < y$) of n mold or i mold (insulator), and it can also use it as a superlattice layer like a cladding layer. Furthermore, if it is a layer with larger aluminum average presentation than a cladding layer, since the refractive index of a current blocking layer will become small, waveguide can be formed in the ridge lower part and the level transverse mode can obtain the laser beam of a single mode.

[0017] Furthermore, it is necessary to make thickness of a current blocking layer thinner than the thickness of a cladding layer. If thickness of this layer is thickened, in order that a current blocking layer may grow on the protective coat formed on the contact layer, it becomes difficult to remove a protective coat later. Moreover, when aluminum average presentation of a current blocking layer is made larger than a cladding layer, the nitride semiconductor with many amounts of aluminum is in an inclination with many the crystal defect as compared with few things. Therefore, when large current ***** of aluminum mixed-crystal ratio is grown up thickly, a crack becomes easy to enter during a crystal and it is in the inclination a pit becomes easy to generate. Therefore, as desirable thickness of a current blocking layer, 1 micrometer or less 0.8 micrometers or less is most preferably adjusted to 0.5 micrometers or less still more preferably.

[0018] In addition, 30 micrometers or less of 20 micrometers or less of stripe width of face of a ridge are most preferably adjusted to 10 micrometers or less still more preferably. When thicker than 30 micrometers, it is in the inclination for the level transverse mode of a laser beam to tend to turn into a multimode. Although especially a minimum does not limit, it is usually set to 0.5 micrometers or more.

[0019] Furthermore, with the laser element of this invention, the electrode which continued over the current blocking layer and the contact layer is formed. In JP, 9-426651, A, since the contact layer was growing afterwards on the current blocking layer, a crystalline good contact layer was not able to be grown up to be the topmost part of a ridge, but with the laser element of this invention, the contact layer has already grown at the time of ridge formation, and since a current blocking layer is formed afterwards, the crystallinity of a contact layer does not change. Therefore, the ohmic contact always stabilized to p electrode is acquired.

[0020] Moreover, in claim 2 of this invention, said current blocking layer has the multilayer which has the 2nd conductivity type or the nitride semiconductor layer of half-insulation containing aluminum, and is characterized by the average presentation of aluminum of a multilayer being larger than the average presentation of aluminum of said cladding layer. As stated also in advance, by enlarging aluminum presentation of a current blocking layer, the refractive index can become smaller than the refractive

index of a cladding layer, and this can centralize light on the ridge lower part, and can produce a waveguide field. Since it will embed if aluminum presentation is smaller than a cladding layer, and the refractive index in the direction of a layer becomes large, it is in the inclination as for which the refractive-index difference of a level longitudinal direction becomes small, and the effect of a ridge becomes is hard to be acquired. Moreover, a layer with large aluminum presentation can be grown up a multilayer and by considering as superlattice preferably. In addition, even if it does not consider as the superlattice which carried out the laminating of the thin nitride semiconductor of especially thickness since crystallinity may be a little bad in order that a current blocking layer may not grow up a layer like a contact layer on it unlike a cladding layer, it is good also as a multilayer which carried out the laminating of the hundreds of A nitride semiconductor, for example.

[0021] In this invention, when using a cladding layer and an embedding layer as a multilayer or superlattice, the average presentation of aluminum of the layer shall be searched for as follows. For example, since aluminum mixed-crystal ratio of the layer in which one pair contains 50A and aluminum is 0.5 in the case of the superlattice which carried out the 200 pair (1.0 micrometers) laminating of 25A aluminum_{0.5}Ga_{0.5}N and the GaN of 25 ONGU storm, it is set to $0.5(25/50) = 0.25$, and aluminum average presentation over 3 group element in superlattice is 25%. On the other hand, when thickness differs and the laminating of the GaN is carried out for aluminum_{0.5}Ga_{0.5}N to 40A by 20A, thickness is weight averaged, it is set to $0.5(40/60) = 0.33$, and aluminum average presentation is made into 33.3%. That is, that to which the nitride semiconductor layer multiplied the rate of occupying to the thickness of superlattice 1 pair by aluminum mixed-crystal ratio of the nitride semiconductor layer containing aluminum is considered as aluminum average presentation in this invention. Moreover, it is also the same as when both of aluminum is included, for example, also in 20A of aluminum_{0.1}Ga_{0.9}Ns, and 30A of aluminum_{0.2}Ga_{0.8}Ns, $0.1(20/50) + 0.2(30/50) = 0.16$, i.e., 16%, are considered as aluminum average presentation. In addition, although the above example explained AlGa_N/Ga_N and AlGa_N/AlGa_N, it shall apply the calculation method with the same said of AlGa_N/InGa_N. Therefore, when growing up a cladding layer and an embedding layer, the growth method can be designed based on the above calculation method. Moreover, aluminum average presentation is detectable even if it uses analysis apparatus, such as SIMS (secondary-ion-mass-spectroscopy equipment) and Auger.

[0022]

[Example] the perspective diagram and drawing 3 which drawing 1 is type section drawing showing the structure of the laser element concerning one example of this invention, and drawing 2 expands the upper layer from the barrier layer of the laser element of drawing 1, and are shown -- the 1- of the manufacture method of this invention -- it is type section drawing showing selectively the structure of the wafer obtained in each 4th process. In these drawings, the same sign shows the same member. The example of this invention is explained in full detail below based on these drawings.

[0023] the different-species substrate 1 top which consists of sapphire which makes 2inchphi and C side a principal plane -- MOVPE -- the buffer layer (not shown) which consists of GaN at 500 degrees C is grown up by 200A thickness using law. Temperature is made into 1050 degrees C after buffer layer growth, and the substrate layer 2 which similarly consists of GaN is grown up by 2-micrometer thickness. This substrate layer 2 forms a protective coat in a front face selectively, and acts as a substrate layer for next performing selective growth of a nitride semiconductor substrate. As for the substrate layer 2, it is desirable for an aluminum mixed-crystal ratio X value to grow up 0.5 or less AlXGa_{1-X}N ($0 \leq X \leq 0.5$). If 0.5 is exceeded, since a crack will become easy to go into the crystal itself rather than a crystal defect, it is in the inclination for the crystal growth itself to become difficult. Moreover, as for thickness, it is desirable to make it grow up by thickness thicker than a buffer layer, and to adjust to thickness 10 micrometers or less. The substrate which consists of a material with which a substrate differs from the nitride semiconductor known in order to grow up nitride semiconductors, such as SiC and ZnO besides sapphire, a spinel, and GaAs, can be used.

[0024] The 1st protective coat 3 which forms a stripe-like photo mask in the front face of ejection and this substrate layer 2 from a reaction container, and consists a wafer of SiO₂ with a stripe width of face [of 10 micrometers] and a stripe gap (window part) of 2 micrometers with a CVD system is formed by

1-micrometer thickness after substrate layer 2 growth. In addition, in case a stripe-like protective coat is formed, the GaN substrate 4 with little direction to a crystal defect which makes area of a protective coat larger than a window part tends to grow. As a material of the 1st protective coat 3, the metal which has the melting point of 1200 degrees C or more besides oxides, such as silicon oxide (SiOX), silicon nitride (SiXNY), titanium oxide (TiOX), and zirconium oxide (ZrOX), nitrides, and these multilayers, for example can be used. These protective coat materials also bear temperature with a growth temperature [of a nitride semiconductor] of 600 degrees C - 1100 degrees C, and it has the property for a nitride semiconductor not to grow up to be the front face, or to be hard to grow up.

[0025] A wafer is again set in the reaction container of MOVPE after the 1st protective coat 3 formation, temperature is made into 1050 degrees C, and the GaN substrate 4 which consists of GaN which consists of undoping GaN is grown up by 20-micrometer thickness. Thus, if a stripe-like protective coat is formed on the substrate layer which consists of a nitride semiconductor grown up on the different-species substrate and a nitride semiconductor is grown up into the protective coat upper part in a longitudinal direction from the window part of the protective coat, a semiconductor layer with few crystal defects which serve as a substrate will be obtained. In addition to this, the GaN substrate 4 can also be grown up using halide vapor growth (HVPE). Since a crystal defect's growing up GaN of undoping which does not contain In and aluminum decreases most, a GaN substrate is the most desirable. The GaN substrate which grew as mentioned above has a location with many crystal defects, and little location in the shape of a stripe corresponding to the stripe configuration of a protective coat.

[0026] Next, the n side contact layer 5 which consists of an n mold GaN which doped Si 3×10^{18} /cm³ on the GaN substrate 4 is grown up by 5-micrometer thickness. This n side contact layer acts as a contact layer for forming n electrode.

[0027] Next, the crack prevention layer 6 which makes temperature 800 degrees C and consists of In_{0.06}Ga_{0.94}N is grown up by 0.15-micrometer thickness.

[0028] Then, at 1050 degrees C, the n mold aluminum_{0.16}Ga_{0.84}N layer which doped Si 1×10^{19} /cm³ is grown up by 25A thickness, and an undoping GaN layer is continuously grown up by 25A thickness. And the laminating of these layers is carried out by turns, a superlattice layer is constituted, and the n side cladding layer 7 which consists of superlattice of the 1.2 micrometers of the total thickness is grown up. In addition, when the superlattice which carried out the laminating of the nitride semiconductor with which bandgap energy differs to the n side cladding layer is produced, many impurities in one of layers are doped, and when the so-called modulation dope is performed, they are in the inclination for a threshold to tend to fall.

[0029] Then, the n side lightguide layer 8 which consists of undoping GaN at 1050 degrees C is grown up by 0.1-micrometer thickness. As for this n side lightguide layer, it is desirable to act as a lightguide layer of a barrier layer and to grow up GaN and InGa_N, and it is usually desirable to make it grow up by 200A - 1 micrometer thickness still more preferably 100A - 5 micrometers.

[0030] Next, temperature is made into 800 degrees C and the well layer which consists of undoping In_{0.2}Ga_{0.8}N is grown up by 40A thickness. Next, the barrier layer which consists of undoping In_{0.01}Ga_{0.99}N at the same temperature is grown up by 100A thickness. The laminating of a well layer and the barrier layer is carried out to order, finally it is finished as a barrier layer, and the barrier layer 9 of the multiplex quantum well structure (MQW) of the 440A of the total thickness is grown up. Undoping is sufficient as a barrier layer like this example, and it may dope n mold impurity and/or p mold impurity. An impurity may be doped to both a well layer and a barrier layer, and may be doped to either.

[0031] Next, the p side cap layer 10 which consists temperature of p mold aluminum_{0.3}Ga_{0.7}N with larger bandgap energy which doped Mg 1×10^{20} /cm³ than the p side lightguide layer 11 at 1050 degrees C is grown up by 300A thickness. This p mold cap layer is in the inclination whose output of an element improves by forming by thickness 0.1 micrometers or less. Although especially the minimum of thickness does not limit, it is desirable to form by thickness 10A or more.

[0032] Then, the p side lightguide layer 11 which bandgap energy becomes from the undoping GaN smaller than the p side cap layer 10 at 1050 degrees C is grown up by 0.1-micrometer thickness. As for

this layer, it is desirable to act as a lightguide layer of a barrier layer and to make it grow up by GaN and InGaN as well as the n side lightguide layer 8.

[0033] Then, the p mold aluminum $0.16\text{Ga}0.84\text{N}$ layer which doped Mg $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ at 1050 degrees C is grown up by 25A thickness, an undoping GaN layer is continuously grown up by 25A thickness, and the p side cladding layer 12 which carries out the laminating of these layers by turns, and consists of a superlattice layer of the 0.6 micrometers of the total thickness is grown up. Since the average presentation of aluminum of this p side cladding layer is 8%, the product with thickness is 4.8. In addition, when it produces by the superlattice to which the p side cladding layer also carried out the laminating of the nitride semiconductor layer from which bandgap energy differs mutually including the nitride semiconductor layer in which at least one side contains aluminum, many impurities in one of layers are doped, and when the so-called modulation dope is performed, they are in the inclination for a threshold to tend to fall.

[0034] Next, the p side contact layer 13 which consists of a p mold GaN which doped Mg $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ on the p side cladding layer 12 at 1050 degrees C is grown up by 150A thickness. The p side contact layer 13 can be constituted from $\text{InXAlYGa}1\text{-X-YN}$ ($0 \leq X$, $0 \leq Y$, $X+Y \leq 1$) of p mold, and GaN which doped Mg preferably, then the p electrode 20 and the most desirable ohmic contact are acquired.

[0035] Annealing is performed for the wafer which carried out laminating growth of the nitride semiconductor at 700 degrees C among nitrogen-gas-atmosphere mind in a reaction container, and the last is made to form into low resistance further the layer which doped p mold impurity.

[0036] (The 1st process) As shown in ejection and drawing 3 (a) from a reaction container, the 2nd protective coat 30 which consists of SiO_2 which has stripe width of face of 2 micrometers is formed in the front face of the p side contact layer 13 of the maximum upper layer by 1-micrometer thickness, using a CVD system in the wafer which carried out the laminating of the nitride semiconductor as mentioned above. In addition, since the 1st protective coat is formed in the shape of a stripe when the GaN substrate 4 is grown up previously, the inclination to be easy to appear in the shape of a stripe also has the crystal defect which appeared on the front face in the front face of a GaN substrate. For this reason, if it forms in the location corresponding to the front face of the p side contact layer 13 in the upper part of few places (2 or less [Two or less / for example, $1 \times 10^8 //\text{cm}$ / preferably $1 \times 10^7 //\text{cm}$]) of the crystal defect of a GaN substrate front face in the shape of a stripe in case the 2nd protective coat is formed, since it is hard coming to carry out the rearrangement of the crystal defect of a GaN substrate to a barrier layer, the life of a laser element will improve.

[0037] (The 2nd process) Next, a wafer is moved to RIE (reactive ion etching) equipment, as shown in drawing 3 (b), the p side contact layer 13 and a part of p side cladding layer 12 are etched, and the ridge stripe corresponding to the configuration of the 2nd protective coat is formed. Although a pit may occur on the front face of the cladding layer exposed by this etching, it can bury by the current blocking layer later.

[0038] A wafer is again moved in a reaction container after ridge stripe formation, with a protective coat attached. (The 3rd process) At 1050 degrees C The n mold aluminum $0.20\text{Ga}0.80\text{N}$ layer which doped Si $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ is grown up by 50A thickness. Then, the GaN layer which carried out the tales-doses dope of the Si is grown up by 50A thickness, and the current blocking layer 14 which carries out the laminating of these by turns, and consists of superlattice of the 0.5 micrometers of the total thickness is formed. Thus, if the current blocking layer 14 is formed in the ridge side while p mold contact layer 13 had remained in the ridge, since the membraneous quality of a contact layer will be stable after ridge formation unlike growing up a contact layer, it is stabilized with an electrode and OMIKKU is obtained.

[0039] After removing the wafer from the reaction container by ejection after current blocking layer 14 growth and removing the 2nd protective coat 30 by fluoric acid, the protective coat of a predetermined configuration is formed in the nitride semiconductor layer of the maximum upper layer, and it etches until the front face of the n side contact layer 5 is exposed, as shown in drawing 1.

[0040] (The 4th process) ohmic one which consists of nickel/Au which crossed and followed the front face of the current blocking layer 14 and the p side contact layer 13 as a protective coat is removed after etching termination and it is shown in drawing 3 (d) -- p electrode of business is formed. Since this p

electrode can be formed by the large area, it becomes easy to perform bonding.

[0041] ohmic one which becomes the front face of the n side contact layer in which the point was exposed from Ti/aluminum on the other hand -- the n electrode 21 of business is formed.

[0042] After grinding the silicon on sapphire of the wafer which formed n electrode and p electrode as mentioned above and being referred to as 70 micrometers, in a direction vertical to a stripe-like electrode, cleavage is carried out to the shape of a bar from a substrate side, and a resonator is produced to a cleavage plane. The dielectric multilayer which consists of SiO₂ and TiO₂ is formed in a resonator side, and finally, in a direction parallel to p electrode, a bar is cut and it considers as a laser element. In addition, in case silicon on sapphire is ground, it may grind and remove to the 1st protective coat 3, and the GaN substrate 4 may be exposed. If growth thickness of a GaN substrate is not adjusted to 80 micrometers or more in case the GaN substrate 4 is exposed, a wafer breaks finely during polishing and it is in the inclination for element creation to become difficult. Moreover, after growing up 80 micrometers or more of GaN substrates, silicon on sapphire 1, the substrate layer 2, and the 1st protective coat 3 can be removed, and the laminating of the upper layer can also be carried out from said n side contact layer 5 on the GaN substrate only as a GaN substrate.

[0043] When this laser element was installed in the heat sink, wire bonding of each electrode was carried out and laser oscillation was tried at the room temperature, continuous oscillation was shown in the room temperature, FFP of a single laser beam was single and that configuration was also acquired for the formal good thing in the ellipse form. Moreover, when it extracted from the same wafer to 100-piece random also about the property of a laser element, the oscillation threshold and the property also as an output that all are almost the same were shown, and even if it made it oscillate continuously for 1000 hours, there was nothing that short-circuited by inter-electrode.

[0044] In the process which forms the current blocking layer 14 of the [example 2] example 1 at 1050 degrees C The i mold aluminum0.20Ga0.80N layer of half-insulation which doped Zn 1×10^{19} /cm³ 0.1 micrometers, When grew up the n mold GaN layer which doped Si 1×10^{18} /cm³ alternately [0.1 micrometer], and it was made into the multilayer of the 0.4 micrometers of the total thickness and also the laser element was obtained similarly, the laser element which has a property almost equivalent to an example 1 was obtained.

[0045]

[Effect of the Invention] As explained above, the laser element of this invention does not have an inter-electrode short circuit, in order that a current blocking layer may fill the pit, even if the pit has occurred on the surface of a cladding layer by etching, since the current blocking layer is formed in the ridge side. Moreover, since according to the manufacture method of this invention there is no process which forms other nitride semiconductor layers or an electrode in the narrow stripe width of face of a field using a mask after forming a ridge, a fine activity is not needed, either but, also industrially, it is dramatically useful.

[Translation done.]